

Gen 2747



Attorney's Docket No.: 297-008575-US(PAR)

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: HUOPANIEMI et al.

Group No.:

Serial No.: 09/ 273,436

Examiner:

Filed: 3/22/99

For: METHOD AND SYSTEM FOR PROCESSING DIRECTED SOUND IN AN ACOUSTIC VIRTUAL ENVIRONMENT

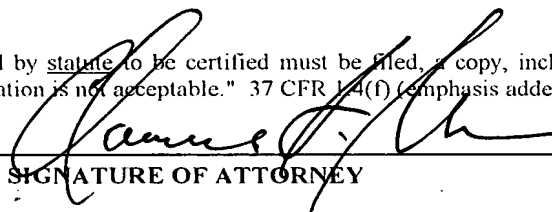
Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country : Finland
Application Number : 980649
Filing Date : March 23, 1998

WARNING: "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 CFR 1.4(f) (emphasis added.)


SIGNATURE OF ATTORNEY

Reg. No.: 24,622

Clarence A. Green

Type or print name of attorney

Tel. No.: (203) 259-1800

Perman & Green, LLP

P.O. Address

425 Post Road, Fairfield, CT 06430

NOTE: The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent if the foreign application is referred to in the oath or declaration as required by § 1.63.

CERTIFICATE OF MAILING/TRANSMISSION (37 CFR 1.8a)

I hereby certify that this correspondence is, on the date shown below, being:

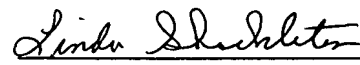
MAILING

☒ deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231

FACSIMILE

☐ transmitted by facsimile to the Patent and Trademark Office

Date: 6/22/99


Signature
Linda Shackleton
(type or print name of person certifying)

(Transmittal of Certified Copy [5-4])

RECEIVED
99 JUN 29 PM 2:12
GROUP 2700

#4
9-9-99

PÄTENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENT AND REGISTRATION

Helsinki 07.05.99



ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED
99 JUN 29 PM 2:12
GROUP 2700



Hakija
Applicant

NOKIA OYJ
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

980649

Tekemispäivä
Filing date

23.03.98

Kansainvälinen luokka
International class

H 04R

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä ja järjestelmä suunnatun äänen käsittelymiseksi
akustisessa virtuaaliympäristössä"

Hakemus on hakemusdiaariin 19.03.99 tehdyn merkinnän mukaan
siirtynyt NOKIA MOBILE PHONES LTD:lle, Espoo.

The application has according to an entry made in the register
of patent applications on 19.03.99 been assigned to
NOKIA MOBILE PHONES LTD, Espoo.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja
jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan
annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä
ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies
of the description, claims, abstract and drawings originally
filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

Maksu 280,- mk
Fee 280,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A
Address: P.O.Box 1160
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5204
Telefax: + 358 9 6939 5204

Menetelmä ja järjestelmä suunnatun äänen käsittelemiseksi akustisessa virtuaaliympäristössä - Förfarande och anordning för att behandla riktad ljud i en akustisk virtualmiljö

5

Keksintö koskee menetelmää ja järjestelmää, joilla voidaan luoda kuuntelijalle keinotekoinen kuulovaikutelma, joka vastaa tiettyä tilaa. Erityisesti keksintö koskee suunnatun äänen käsittelemistä tällaisessa kuulovaikutelmassa sekä tuloksena syntyvän kuulovaikutelman välittämistä järjestelmässä, jossa käyttäjälle esitettävää tietoa siirretään, käsitellään ja/tai kompressoidaan digitaalisessa muodossa.

Akustisella virtuaaliympäristöllä tarkoitetaan kuulovaikutelmaa, jonka avulla sähköisesti toistetun äänen kuuntelija voi kuvitella olevansa tietyssä tilassa. Monimutkaiset akustiset virtuaaliympäristöt pyrkivät usein imitoimaan jotain todellista tilaa, jolloin puhutaan kyseisen tilan auralisoinnista. Tätä käsitettä on selostettu esimerkiksi artikkelissa M. Kleiner, B.-I. Dalenbäck, P. Svensson: "Auralization - An Overview", 1993, J. Audio Eng. Soc., Vol. 41, No. 11, pp. 861-875. Auralisointi on luontevasti yhdistettävissä visuaalisen virtuaaliympäristön luomiseen, jolloin sopivilla näyttölaitteilla ja kaiuttimilla tai kuulokkeilla varustettu käyttäjä voi tarkastella haluamaansa todellista tai kuvitteellista tilaa ja jopa "liikkua" kyseisessä tilassa, jolloin hänen saamansa näkö- ja kuulovaikutelma on erilainen riippuen siitä, minkä kyseisen ympäristön pisteen hän valitsee tarkastelupisteekseen.

Akustisen virtuaaliympäristön luominen jakaantuu kolmeen osatekijään, jotka ovat äänilähteen mallintaminen, tilan mallintaminen ja kuuntelijan mallintaminen. Esillä oleva keksintö liittyy erityisesti äänilähteen ja äänen varhaisten heijastusten mallintamiseen.

Visuaalisen ja akustisen virtuaaliympäristön mallintamiseksi ja käsittelemiseksi käytetään usein VRML97-kieltä (Virtual Reality Modeling Language 97), jota käsittelee julkaisu ISO/IEC JTC/SC24 IS 14772-1, 1997, Information Technology - Computer Graphics and Image Processing - The Virtual Reality Modeling Language (VRML97), April 1997 sekä vastaava sivusto Internet-osoitteessa <http://www.vrml.org/Specifications/VRML97/>. Toinen tämän patenttihakemuksen tekohetkellä kehitteillä oleva säännöstö koskee Java3D:tä, josta on määrä tulla VRML:n ohjaus- ja suoritusympäristö ja jota on kuvattu esimerkiksi julkaisussa SUN Inc. 1997: JAVA 3D API Specification 1.0 ja Internet-osoitteessa <http://www.javasoft.com/products/java-media/3D/forDevelopers/3Dguide/>. Lisäksi

- valmisteilla oleva MPEG-4-standardi (Motion Picture Experts Group 4) tähtää siihen, että digitaalisen tiedonsiirtoyhteyden kautta välitettävä multimediaesitys voi sisältää todellisia ja virtuaalisia objekteja, jotka yhdessä muodostavat tietyn audiovisuaalisen ympäristön. MPEG-4-standardia on kuvattu julkaisussa ISO/IEC
- 5 JTC/SC29 WG11 CD 14496. 1997: Information technology -- Coding of audiovisual objects. November 1997 ja vastaavassa sivustossa Internet-osoitteessa http://www.csel.it/mpeg/public/mpeg-4_cd.htm.

- Kuva 1 esittää tunnettua suunnatun äänen mallia, jota käytetään VRML97:ssä ja
- 10 MPEG-4:ssä. Äänilähde sijaitsee pisteessä 101 ja sen ympärille kuvitellaan kaksi sisäkkäistä ellipsoidia 102 ja 103, joiden toinen polttopiste yhtyy äänilähteen sijaintiin ja joiden pääakselit ovat yhdensuuntaiset. Ellipsoidien 102 ja 103 kokoa kuvataan pitemmän pääakselin suunnassa mitatuilla etäisyyksillä maxBack, maxFront, minBack ja minFront. Äänen vaimentumista etäisyyden funktiona kuvaa käyrä 104.
- 15 Sisemmän ellipsoidin 102 sisällä äänen intensiteetti on vakio ja ulomman ellipsoidin 103 ulkopuolella äänen intensiteetti on nolla. Edettäessä mitä tahansa pisteen 101 kautta kulkevaa suoraa pisteestä 101 poispäin äänen intensiteetti vähenee sisemmän ja ulomman ellipsoidin välissä lineaarisesti 20 desibeliä. Toisin sanoen ellipsoidien välissä sijaitsevassa pisteessä 105 havaittava vaimennus A on laskettavissa kaavasta

20

$$A = -20 \text{ dB} \cdot (d'/d'')$$

- missä d' on pisteitä 101 ja 105 yhdistävää suoraa pitkin mitattu etäisyys sisemmän ellipsoidin pinnasta tarkastelupisteeseen ja d'' on samaa suoraa pitkin mitattu sisemmän ja ulomman ellipsoidin välinen etäisyys.
- 25

- Java3D:ssä suunnattua ääntä mallinnetaan ConeSound-käsitteellä, jota havainnollistaa kuva 2. Kuvassa on esitetty tietyn kaksoiskartiorakenteen leikkaus sellaista tasoa pitkin, joka sisältää kartioiden yhteisen pituusakselin. Äänilähde sijaitsee kartioiden
- 30 201 ja 202 yhteisessä kärkipisteessä 203. Sekä etukartion 201 että takakartion 202 alueella ääni vaimenee tasaisesti. Kartioiden välisellä alueella sovelletaan lineaarista interpolointia. Tarkastelupisteessä 204 havaittavan vaimentumisen laskemiseksi on tunnettava äänen intensiteetti ilman vaimennusta, etu- ja takakartioiden leveys sekä pisteitä 203 ja 204 yhdistävän suoran ja etukartion pituusakselin välinen kulma.

35

Eräs tunnettu menetelmä pinnoista koostuvan tilan akustiikan mallintamiseksi on kuvalähdemenetelmä (engl. image source method), jossa alkuperäiselle äänilähteelle muodostetaan joukko kuvitteellisia kuvalähteitä, jotka ovat äänilähteen peilikuvia

tarkasteltavien heijastuspintojen suhteen: jokaisen tarkasteltavan heijastuspinnan taakse sijoitetaan yksi kuvalähde, jonka suoraan mitattu etäisyys tarkastelupisteestä on sama kuin heijastuksen kautta mitattu etäisyys alkuperäisen äänilähteen ja tarkastelupisteen välillä. Lisäksi kuvalähteestä tuleva ääni tulee tarkastelupisteeseen samasta suunnasta kuin todellinen, heijastunut ääni. Kuulovaikutelma saadaan laske-

5 malla kuvalähteiden tuottamat äänet yhteen.

Tekniikan tason mukaiset menetelmät ovat laskennallisesti hyvin raskaita. Jos oletetaan, että virtuaaliympäristö välitetään käyttäjälle esimerkiksi yleisradiolähetyksenä tai tietoverkon kautta, käyttäjän vastaanottimen tulisi jatkuvasti laskea yhteen jopa

10 tuhansien kuvalähteiden tuottama ääni. Lisäksi laskennan perusteet muuttuvat aina, kun käyttäjä päättää vaihtaa tarkastelupisteen sijaintia. Edelleen tunnetut ratkaisut jättävät kokonaan huomiotta sen, että äänen suuntaavuus riippuu suuresti suuntakulman lisäksi sen aallonpituudesta eli erikorkuiset äänen suuntautuvat eri tavoin.

15 Suomalaisesta patenttihakemuksesta numero 974006 (Nokia OYJ) tunnetaan eräs menetelmä ja järjestelmä akustisen virtuaaliympäristön käsittelemiseksi. Siinä mallinnettavan ympäristön pinnat kuvataan suodattimilla, joilla on tietty taajuusvaste. Mallinnetun ympäristön välittämiseksi digitaalisessa siirtomuodossa riittää ilmaista

20 tavalla tai toisella kaikkien ympäristöön kuuluvien merkittävien pintojen siirtofunktiot. Tässäkään ei kuitenkaan huomioida äänen tulosuunnan tai korkeuden vaikutusta sen suuntautuvuuteen.

Esillä olevan keksinnön tavoitteena on esittää menetelmä ja järjestelmä, joilla akustinen virtuaaliympäristö voidaan välittää käyttäjälle kohtuullisella laskentakuormalla. Lisäksi keksinnön tavoitteena on esittää menetelmä ja järjestelmä, joilla pystytään huomioimaan äänen korkeuden ja tulosuunnan vaikutus sen suuntautumiseen.

25

Keksinnön tavoitteet saavutetaan kuvaamalla äänilähde tai sen varhainen heijastus parametrisoidulla systeemifunktiolla, jossa eri parametrein voidaan asettaa äänen suuntautuminen halutuksi ja ottaa huomioon suuntautumisen riippuvuus taajuudesta ja suuntakulmasta.

30

Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista, että äänen suuntautumisen kuvaamiseksi akustisen virtuaaliympäristön äänilähteeseen liitetään suuntariippuva suodatusjärjestely, jonka vaikutus ääneen riippuu ennalta määrätyistä parametreista..

35

Keksintö kohdistuu myös järjestelmään, jolle on tunnusomaista, että se käsittää välineet parametrisoiduista suodattimista koostuvan suodatinpankin muodostamiseksi akustisen virtuaaliympäristön käsittämien äänilähteiden äänen suuntautumisen mallintamista varten.

5

Keksinnön mukaisesti äänilähteen tai siitä lasketun heijastuksen malli koostuu suuntariippuvista digitaalisista suodattimista. Äänelle valitaan tietty referenssisuunta, jota nimitetään nolla-atsimuutiksi. Se voi suuntautua akustisessa virtuaaliympäristössä mihin tahansa suuntaan. Sen lisäksi valitaan joukko muita suuntia, joissa
 10 äänen suuntautumista halutaan kuvata. Myös nämä suunnat voidaan valita mielivaltaisesti. Kukin valittu muu suunta kuvataan omalla digitaalisella suodattimellaan, jonka siirtofunktio voidaan valita joko taajuudesta riippuvaksi tai riippumattomaksi. Siltä varalta, että tarkastelupiste sijaitsee jossakin muualla kuin tarkasti jossakin suodattimella kuvatussa suunnassa, voidaan muodostaa suodattimien siirtofunktioiden välille erilaisia interpolaatioita.
 15

Kun ääntä ja sen suuntautumista halutaan kuvata järjestelmässä, jossa tieto on siirrettävä digitaalisesti, tarvitsee vain siirtää tiedot kustakin siirtofunktiosta. Vastaanottava laite, jolla on tiedossaan haluttu tarkastelupiste, määrittää rekonstruoimiensa
 20 siirtofunktioiden avulla suuntautuvuuden äänilähteen sijaintipisteestä kohti tarkastelupistettä. Jos tarkastelupisteen sijainti nolla-atsimuutin suhteen muuttuu, vastaanottava laite tarkistaa, mikä on äänen suuntautuvuus kohti uutta tarkastelupistettä. Äänilähteitä voi olla useita, jolloin vastaanottava laite laskee äänen suuntautuvuuden kustakin äänilähteestä tarkastelupisteeseen ja muokkaa toistamaansa ääntä vastaa-
 25 vasti. Kuuntelijalle tulee tällöin vaikutelma oikeasta kuuntelupaikan sijainnista esimerkiksi sellaisen virtuaalisen orkesterin suhteen, jossa instrumentit sijaitsevat eri paikoissa ja ne on suunnattu eri tavoin.

Yksinkertaisin vaihtoehto suuntariippuvan digitaalisen suodatuksen toteuttamiseksi
 30 on liittää kuhunkin valittuun suuntaan tietty vahvistuskerroin. Tällöin äänen korkeus kuitenkin jää huomioimatta. Kehittyneemmässä vaihtoehdossa tarkasteltava taajuuskaista jaetaan alikaistoiksi, joille kullekin esitetään omat vahvistuskertoimensa valituissa suunnissa. Edelleen kehittyneemmässä versiossa kukin tarkasteltava suunta kuvataan yleisellä siirtofunktiolla, josta ilmaistaan tietyt kertoimet, joiden avulla
 35 samojen siirtofunktioiden rekonstruointi on mahdollista.

Seuraavassa selostetaan keksintöä yksityiskohtaisemmin viitaten esimerkkinä esitettyihin edullisiin suoritusmuotoihin ja oheisiin kuviin, joissa

- kuva 1 esittää erästä tunnettua suunnatun äänen mallia,
kuva 2 esittää erästä toista tunnettua suunnatun äänen mallia
kuva 3 esittää kaavamaisesti erästä keksinnön mukaista suunnatun äänen mallia,
5 kuva 4 esittää keksinnön mukaisen mallin perusteella muodostettua äänen suuntautumisen kuvaajaa,
kuva 5 esittää keksinnön soveltamista erääseen akustiseen virtuaaliympäristöön,
kuva 6 esittää erästä keksinnön mukaista järjestelmää,
kuva 7a esittää tarkemmin osaa keksinnön mukaisesta järjestelmästä ja
10 kuva 7b esittää yksityiskohtaa kuvasta 7a.

Edellä tekniikan tason selostuksen yhteydessä on viitattu kuviin 1 ja 2, joten seuraavassa keksinnön ja sen edullisten suoritusmuotojen selostuksessa viitataan lähinnä kuviin 3 - 7b.

15

Kuvassa 3 on esitetty äänilähteen sijainti pisteessä 300 sekä nolla-atsimuutin suunta 301. Kuvassa on oletettu, että pisteessä 300 sijaitseva äänilähde halutaan esittää keksinnön mukaisesti neljällä suodattimella, joista ensimmäinen kuvaa äänilähteestä suuntaan 302 etenevää ääntä, toinen kuvaa äänilähteestä suuntaan 303 etenevää ääntä, kolmas kuvaa äänilähteestä suuntaan 304 etenevää ääntä ja neljäs kuvaa äänilähteestä suuntaan 305 etenevää ääntä. Kuvassa on lisäksi oletettu, että äänen eteneminen tapahtuu symmetrisesti nolla-atsimuutin suunnan 301 suhteen, joten kukin suunnista 302-305 edustaa itse asiassa mitä tahansa vastaavaa suuntaa kartiopinnalla, joka saadaan kiertämällä tarkasteltavaa suuntaa kuvaava puolisuora nolla-atsimuutin suunnan 301 ympäri. Keksintö ei rajoitu näihin oletuksiin, mutta eräät keksinnön piirteet on helpompi ymmärtää ajatteleamalla aluksi keksinnön yksinkertaistettua suoritusmuotoa. Suunnat 302-305 on kuvassa esitetty tasavälein samassa tasossa, mutta suunnat voidaan yhtä hyvin valita mielivaltaisesti.

- 30 Kuhunkin kuvassa 3 esitettyyn nolla-atsimuutista poikkeavaan suuntaan etenevää ääntä kuvaava suodatin on kuvattu symbolisesti lohkokka 306, 307, 308 ja 309. Kunkin suodatinta luonnehtii tietty siirtofunktio H_i , missä $i \in \{1, 2, 3, 4\}$. Suodattimien siirtofunktiot on normeerattu siten, että nolla-atsimuutin suhteen etenevä ääni on sama kuin äänilähteen tuottama ääni sellaisenaan. Koska ääni on tyypillisesti ajan
35 funktio, äänilähteen tuottamaa ääntä on merkitty $X(t)$:llä. Kunkin suodatin 306 - 309 muodostaa vasteen $Y_i(t)$, missä $i \in \{1, 2, 3, 4\}$, yhtälön

$$Y_i(t) = H_i * X(t)$$

(1)

mukaisesti, missä * kuvaa konvoluutiota ajan suhteen. Vaste $Y_i(t)$ on kyseiseen suuntaan suuntautuva ääni.

Yksinkertaisimmillaan siirtofunktio tarkoittaa herätteen $X(t)$ kertomista jollakin reaaliluvulla. Koska on luonnollista valita nolla-atsimuutin suunnaksi se suunta, johon
 5 ääni suuntautuu voimakkaimpana, suodattimien 306 - 309 yksinkertaisimmat siirtofunktiot ovat reaalilukuja nollan ja ykkösen väliltä nämä rajat mukaanlukien.

Pelkkä reaaliluvulla kertominen ei ota huomioon äänen korkeuden merkitystä sen
 10 suuntautuvuudelle. Eräs monipuolisempi siirtofunktio on sellainen, jossa heräte jaetaan ennalta määrättyihin taajuuskaistoihin ja kukin taajuuskaista kerrotaan omalla vahvistuskertoimellaan, joka on reaaliluku. Taajuuskaistat voidaan määritellä yhdellä luvulla, joka ilmaisee taajuuskaistan suurimman taajuuden. Vaihtoehtoisesti voidaan ilmoittaa tietyt reaalilukukertoimet muutamalle esimerkkitajuudelle, jolloin
 15 näiden taajuuksien välillä sovelletaan sopivaa interpolointia (jos on annettu esimerkiksi taajuus 400 Hz ja kerroin 0,6 sekä taajuus 1000 Hz ja kerroin 0,2, saadaan suoriivaisella interpoloinnilla taajuudelle 700 Hz kerroin 0,4).

Yleisesti voidaan todeta, että kukin suodatin 306 - 309 on tietty IIR- tai FIR-
 20 suodatin (Infinite Impulse Response; Finite Impulse Response), jonka siirtofunktio H voidaan esittää Z-muunnoksen $H(z)$ avulla. Kun otetaan herätteen $X(t)$ Z-muunnos $X(z)$ ja vasteen $Y(t)$ Z-muunnos $Y(z)$, saadaan määritelmä

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}} \quad (2)$$

25 jolloin mielivaltaisen siirtofunktion esittämiseksi parametrimuodossa riittää esittää sen Z-muunnoksen kuvauksessa käytetyt kertoimet $[b_0 \ b_1 \ a_1 \ b_2 \ a_2 \dots]$. Summauksessa käytetyt ylärajat N ja M edustavat sitä tarkkuutta, jolla siirtofunktio halutaan määritellä. Käytännössä ne määräytyvät siitä, kuinka suuri kapasiteetti on käytettävissä
 30 kunkin yksittäisen siirtofunktion kuvaamisessa käytettävien kertoimien tallentamiseksi ja/tai välittämiseksi tiedonsiirtojärjestelmässä.

Kuva 4 esittää trumpetin tuottaman äänen suuntautumista esitettynä keksinnön mukaisesti nolla-atsimuutin lisäksi kahdeksalla taajuusriippuvalla siirtofunktiolla ja niiden välisillä interpoloinneilla. Äänen suuntautumista kuvataan kolmiulotteisessa
 35

koordinaatistossa, jossa pystyakseli kuvaa äänen voimakkuutta desibeleinä, ensimmäinen vaaka-akseli kuvaa suuntakulmaa nolla-atsimuuttiin nähden asteina ja toinen vaaka-akseli kuvaa äänen taajuutta kilohertseinä. Interpolointien ansiosta ääntä kuvaa pinta 400. Kuvan vasemmassa yläreunassa se rajoittuu vaakasuoraan viivaan 401, joka kuvaa sitä, että nolla-atsimuutin suunnassa äänen voimakkuus ei riipu taajuudesta. Oikeassa yläreunassa pinta 400 rajoittuu lähes vaakasuoraan viivaan 402, joka kuvaa sitä, että hyvin matalilla taajuuksilla (taajuuksilla, jotka lähestyvät 0 Hz:iä) äänen voimakkuus ei riipu suuntakulmasta. Eri suuntakulmia kuvaavien suodatinten taajuusvasteet ovat käyriä, jotka alkavat viivasta 402 ja jatkuvat kuvassa alaviistoon vasemmalle. Suuntakulmat ovat tasavälein ja niiden suuruudet ovat 22,5°, 45°, 67,5°, 90°, 112,5°, 135°, 157,5° ja 180°. Esimerkiksi käyrä 403 kuvaa nolla-atsimuutista mitattuna 157,5°:een kulmaan etenevän äänen voimakkuutta taajuuden funktiona ja siitä nähdään, että korkeimmat taajuudet vaimentuvat tässä suunnassa enemmän kuin matalat taajuudet.

Keksintö soveltuu paikallisessa laitteistossa tapahtuvaan toistamiseen, jossa akustinen virtuaaliympäristö luodaan tietokoneen muistiin ja sitä käsitellään samassa yhteydessä tai se luetaan tallennusvälineeltä, kuten DVD-levyltä (Digital Versatile Disc) ja toistetaan käyttäjälle audiovisuaalisten esitysvälineiden (näytöt, kaiuttimet) välityksellä. Lisäksi keksintö soveltuu järjestelmiin, joissa akustinen virtuaaliympäristö tuotetaan jossakin ns. palveluntarjoajan laitteistossa ja se välitetään käyttäjille tiedonsiirtojärjestelmän kautta. Laitetta, joka toistaa keksinnön mukaisella tavalla käsitellyn suunnatun äänen käyttäjälle ja joka tyypillisesti antaa käyttäjälle mahdollisuuden valita, missä akustisen virtuaaliympäristön pisteessä hän haluaa kuunnella toistettua ääntä, nimitetään yleisesti vastaanottavaksi laitteeksi. Tätä nimitystä ei ole tarkoitettu keksinnön kannalta rajoittavaksi.

Kun käyttäjä on antanut vastaanottavalle laitteelle tiedon siitä, missä akustisen virtuaaliympäristön pisteessä hän haluaa kuunnella toistettua ääntä, vastaanottava laite määrittää, millä tavalla ääni suuntautuu äänilähteestä kohti kyseistä pistettä. Kuvassa 4 tämä tarkoittaa graafisesti tarkasteltuna, että kun vastaanottava laite on määrittänyt äänilähteen nolla-atsimuutin ja tarkastelupisteen suunnan välisen kulman, se leikkaa pinnan 400 pystysuoralla tasolla, joka on yhdensuuntainen taajuusakselin kanssa ja leikkaa suuntakulma-akselin sen arvon kohdalla, joka ilmaisee nolla-atsimuutin ja tarkastelupisteen suunnan välisen kulman. Pinnan 400 ja mainitun pystysuoran tason leikkaus on käyrä, joka kuvaa tarkastelupisteen suunnassa havaittua äänen suhteellista voimakkuutta taajuuden funktiona. Vastaanottava laite muodostaa suodattimen, joka toteuttaa kyseisen käyrän mukaisen taajuusvasteen, ja oh-

jaa äänilähteen tuottaman äänen muodostamansa suodattimen läpi ennen sen toistamista käyttäjälle. Jos käyttäjä päättää muuttaa tarkastelupisteen sijaintia, vastaanottava laite määrittää uuden käyrän ja muodostaa uuden suodattimen edellä kuvatulla tavalla.

5

Kuva 5 esittää erästä akustista virtuaaliympäristöä 500, jossa on kolme virtuaalista äänilähdettä 501, 502 ja 503, jotka on suunnattu eri tavoin. Piste 504 kuvaa käyttäjän valitsemaa tarkastelupistettä. Kuvan 5 esittämän tilanteen kuvaamiseksi keksinnön mukaisella tavalla kustakin äänilähteestä 501, 502 ja 503 muodostetaan oma äänen suuntautuvuutta kuvaava mallinsa, joka voi kussakin tapauksessa olla suunnitteen kuvien 3 ja 4 mukainen ottaen kuitenkin huomioon, että nolla-atsimuutin suunta on kunkin virtuaalisen äänilähteen mallissa eri. Tällaisessa tapauksessa vastaanottavan laitteen on muodostettava äänten suuntautumisen huomioonottamiseksi kolme erillistä suodatinta. Ensimmäisen suodattimen muodostamiseksi määritetään ne siirtofunktiot, jotka kuvaavat ensimmäisen äänilähteen lähettämän äänen suuntautumista, ja muodostetaan niiden ja interpoloinnin avulla kuvan 4 mukainen pinta. Lisäksi määritetään äänilähteen 501 nolla-atsimuutin 505 ja tarkastelupisteen suunnan välinen kulma ja luetaan sen avulla edellä mainitulta pinnalta taajuusvaste kyseisessä suunnassa. Samat operaatiot toistetaan kullekin äänilähteelle erikseen.

15 Käyttäjälle toistettava ääni on summa kaikkien kolmen äänilähteen äänestä, jossa summassa kukin ääni on suodatettu kyseisen äänen suuntautumista kuvaavalla suodattimella.

Keksinnön mukaisesti voidaan kuvata varsinaisten äänilähteiden lisäksi äänen heijastuksia, etenkin varhaisia heijastuksia. Kuvassa 5 on muodostettu sinänsä tunnetulla kuvalähdemenetelmällä kuvalähde 506, joka esittää äänilähteen 503 lähettämän äänen heijastumista vieressä olevasta seinästä. Tätä kuvalähdettä voidaan käsitellä keksinnön mukaisesti aivan samalla tavalla kuin varsinaisia äänilähteitäkin eli sille voidaan määrittää nolla-atsimuutin suunta ja äänen (tarvittaessa taajuusriippuva) suuntautuvuus nolla-atsimuutin suunnasta poikkeavissa suunnissa. Vastaanottava laite toistaa kuvalähteen "tuottaman" äänen samalla periaatteella kuin varsinaisten äänilähteidenkin tuottaman äänen.

Kuva 6 esittää järjestelmää, jossa on lähettävä laite 601 ja vastaanottava laite 602. Lähettävä laite 601 muodostaa tietyn akustisen virtuaaliympäristön, johon kuuluu ainakin yksi äänilähde ja ainakin yhden tilan akustiset ominaisuudet, ja toimittaa sen jossain muodossa vastaanottavalle laitteelle 602. Toimitus voi tapahtua esimerkiksi digitaalisena radio- tai televisiolähettyksenä tai tietoverkon kautta. Toimitus voi

myös tarkoittaa, että lähettävä laite 601 tuottaa muodostamansa akustisen virtuaaliympäristön perusteella tallenteen, kuten DVD-levyn (Digital Versatile Disk), jonka vastaanottavan laitteen käyttäjä hankkii käyttöönsä. Tyypillinen tallenteena toimitettava sovellus voisi olla konsertti, jossa äänilähteenä on virtuaalisista instrumenteista

5 koostuva orkesteri ja tilana on sähköisesti mallinnettu kuvitteellinen tai todellinen konserttisali, jolloin vastaanottavan laitteen käyttäjä voi laitteistollaan kuunnella, millaiselta esitys kuullosta eri kohdissa salia. Jos tällainen virtuaaliympäristö on audiovisuaalinen, siihen kuuluu myös tietokonegrafiikalla toteutettu visuaalinen osuus. Keksintö ei edellytä, että lähettävä laite ja vastaanottava laite ovat eri laitteita,

10 ta, vaan käyttäjä voi luoda tietyn akustisen virtuaaliympäristön yhdessä laitteessa ja käyttää samaa laitetta luomuksensa tarkastelemiseen.

Kuvan 6 esittämässä suoritusmuodossa lähettävän laitteen käyttäjä muodostaa tietyn visuaalisen ympäristön, kuten konserttisalin, tietokonegrafiikan työkaluilla 603 sekä

15 videoanimaation, kuten virtuaalisen orkesterin soittajat ja instrumentit, vastaavilla työkaluilla 604. Lisäksi hän syöttää muodostamansa ympäristön äänilähteille tietyt suuntaavuudet, edullisimmin äänen taajuusriippuvaa suuntautumista kuvaavat siirtofunktiot, näppäimistöllä 605. Äänten suuntautumisen kuvaaminen voi perustua myös mittauksiin, jotka on tehty oikeista äänilähteistä; tällöin suuntautumistiedot luetaan

20 tyypillisesti tietokannasta 606. Virtuaalisten instrumenttien äänet ladataan tietokannasta 606. Lähettävä laite muokkaa käyttäjän antamat tiedot bittivirroiksi lohkoissa 607, 608, 609 ja 610 ja yhdistää bittivirrat yhdeksi tietovirraksi multiplekserissä 611. Tietovirta toimitetaan jossakin muodossa vastaanottavalle laitteelle 602, jossa demultiplekseri 612 erottaa tietovirrasta staattista ympäristöä edustavan kuvaosuuden

25 lohkokoon 613, ajasta riippuvan kuvaosuuden eli animaation lohkokoon 614, ajasta riippuvan äänen lohkokoon 615 ja pintoja kuvaavat kertoimet lohkokoon 616. Kuvaosuudet yhdistetään näytönohjainlohkossa 617 ja ohjataan näyttöön 618. Äänilähteiden lähettämää ääntä edustavat signaalit ohjataan lohkokoon 615 suodatinpankkiin 619, jonka suodattimien siirtofunktiot on rekonstruoitu lohkokoon 616 saatujen a- ja b-

30 parametrien avulla. Suodatinpankin 619 antama ääni ohjataan kuulokkeisiin 620.

Kuvissa 7a ja 7b on esitetty tarkemmin eräs vastaanottavan laitteen suodatinjärjestely, jolla voidaan toteuttaa akustinen virtuaaliympäristö keksinnön mukaisella tavalla. Kuvissa on huomioitu myös muita äänen käsittelyyn liittyviä tekijöitä kuin

35 keksinnön mukainen äänen suuntautuvuuden kuvaaminen. Viive-elimellä 721 muodostetaan eri äänikomponenttien (esimerkiksi eri reittejä pitkin heijastuneiden äänten tai eri etäisyyksillä sijaitsevien virtuaalisten äänilähteiden) keskinäiset aikaerot. Samalla viive-elin 721 toimii demultiplekserinä, joka ohjaa oikeat äänet oikeisiin

suodattimiin 722, 723 ja 724. Suodattimet 722, 723 ja 724 ovat parametrisoituja suodattimia, joita kuvataan tarkemmin kuvassa 7b. Niiden antama signaali haaroitetaan toisaalta suodattimiin 701, 702 ja 703 ja toisaalta summainden ja vahvistimen 704 välityksellä summaimeen 705, joka yhdessä kaikuhaarojen 706, 707, 708 ja 709 sekä summainmen 710 ja vahvistinten 711, 712, 713 ja 714 kanssa muodostaa sinänsä tunnetun kytkennän, jolla tiettyyn signaaliin voidaan muodostaa jälkikaikua. Suodattimet 701, 702 ja 703 ovat sinänsä tunnettuja suuntasuodattimia, joilla otetaan huomioon kuuntelijan kuuloaistimusten erilaisuus eri suunnissa esimerkiksi HRTF-mallin mukaisesti (Head-Related Transfer Function). Suodattimet 701, 702 ja 703 sisältävät edullisimmin myös ns. ITD-viiveet (Interaural Time Difference), joilla kuvataan eri suunnista kuuntelijan korviin tulevien äänikomponenttien keskinäistä aikaeroa.

Suodattimissa 701, 702 ja 703 kukin signaalikomponentti jaetaan oikeaan ja vasempaan kanavaan tai useampikanavaisessa järjestelmässä yleisesti N:ään kanavaan. Kaikki tiettyyn kanavaan liittyvät signaalit kootaan summaimessa 715 tai 716 ja johdetaan summaimeen 717 tai 718, jossa kunkin kanavan signaaliin yhdistetään siihen kuuluva jälkikaiku. Linjat 719 ja 720 johtavat kaiuttimille tai kuulokkeisiin. Kuvassa 7a suodattimien 723 ja 724 ja suodattimien 702 ja 703 väliset pisteet tarkoittavat, että keksintö ei rajoita sitä, montako suodatinta vastaanotinlaitteen suodatintankissa on. Suodattimia voi olla jopa useita satoja tai tuhansia riippuen mallinnetun akustisen virtuaaliympäristön monimutkaisuudesta.

Kuva 7b esittää tarkemmin erästä mahdollisuutta kuvassa 7a esitetyn parametrisoidun suodattimen 722 toteuttamiseksi. Kuvassa 7b suodatin 722 koostuu kolmesta peräkkäisestä suodatinasteesta 730, 731 ja 732, joista ensimmäinen aste 730 kuvaa etenemisvaimennusta väliaineessa (yleensä ilmassa), toinen aste 731 kuvaa heijastavassa materiaalissa tapahtuvaa absorptiota (sitä sovelletaan erityisesti heijastusten kuvaamisessa) ja kolmas aste 732 ottaa huomioon äänilähteen suuntaavuuden. Ensimmäisessä asteessa 730 voidaan ottaa huomioon sekä äänen kulkema matka väliaineesta äänilähteestä (mahdollisesti heijastavan pinnan kautta) tarkastelupisteeseen että väliaineen ominaisuudet, kuten ilman kosteus, paine ja lämpötila. Matkan laskemiseksi ensimmäinen aste 730 saa lähettävältä laitteelta tiedon äänilähteen sijainnista mallinnettavan tilan koordinaatistossa ja vastaanottavalta laitteelta tiedon sen pisteen koordinaateista, jonka käyttäjä on valinnut tarkastelupisteeksi. Väliaineen ominaisuuksia kuvaavat tiedot ensimmäinen aste 730 saa joko lähettävältä laitteelta tai vastaanottavalta laitteelta (vastaanottavan laitteen käyttäjällä voi olla mahdollisuus asettaa väliaineen ominaisuudet haluamikseen). Toinen aste 731 saa

heijastavan pinnan absorptiota kuvaavan kertoimen oletusarvoisesti lähettävältä laitteelta, joskin tässäkin vastaanottavan laitteen käyttäjälle voidaan antaa mahdollisuus muuttamalla mallinnetun tilan ominaisuuksia. Kolmannella asteella 732 otetaan huomioon se, miten äänilähteen lähettämä ääni suuntautuu äänilähteestä eri suuntiin

5 mallinnettavassa tilassa; kolmas aste 732 siis toteuttaa tässä patenttihakemuksessa esitetyn keksinnön.

Edellä on tarkasteltu yleisesti sitä, miten akustisen virtuaaliympäristön ominaisuuksia voidaan käsitellä ja siirtää laitteesta toiseen käyttämällä parametreja. Seuraavaksi

10 tarkastellaan keksinnön soveltamista erääseen erityiseen tiedonsiirtomuotoon. Multimediaalla tarkoitetaan audiovisuaalisten kohteiden toisiinsa tahdistettua esittämistä käyttäjälle. Interaktiivisten multimediaesitysten on arveltu tulevan tulevaisuudessa laajamittaiseen käyttöön esimerkiksi viihde- ja telekonferenssimuotona. Tekniikan tasosta tunnetaan joukko standardeja, jotka määrittelevät eri tapoja multimediaoh-

15 jelmien välittämiseksi sähköisessä muodossa. Tässä patenttihakemuksessa käsitellään erityisesti ns. MPEG-standardeja (Motion Picture Experts Group), joista erityisesti tämän patenttihakemuksen jättöhetkellä valmisteilla oleva MPEG-4-standardi tähtää siihen, että välitettävä multimediaesitys voi sisältää todellisia ja virtuaalisia objekteja, jotka yhdessä muodostavat tietyn audiovisuaalisen ympäristön. Keksintö

20 ei mitenkään rajoitu käytettäväksi vain MPEG-4-standardin yhteydessä vaan sitä voidaan soveltaa esimerkiksi VRML97-standardin laajennuksissa tai jopa toistaiseksi tuntemattomissa tulevilla audiovisuaalisissa standardeissa.

MPEG-4-standardin mukainen tietovirta koostuu multipleksatuista audiovisuaalisista

25 objekteista, jotka voivat sisältää ajallisesti jatkuvan osuuden (kuten tietty syntetoitu ääni) sekä parametreja (kuten äänilähteen sijainti mallinnettavassa tilassa). Objektit voidaan määritellä hierarkkiseksi, jolloin hierarkian alimmalla tasolla ovat ns. primitiiviset objektit. Objektien lisäksi MPEG-4-standardin mukaiseen multimediaohjelmaan kuuluu ns. näkymän kuvaus (scene description), joka sisältää sellaista

30 objektien keskinäisiin suhteisiin ja ohjelman yleisten puitteiden järjestämiseen liittyvää tietoa, joka on edullisinta koodata ja dekodata erillään varsinaisista objekteista. Näkymän kuvausta nimitetään myös BIFS-osuudeksi (Binary Format for Scene description). Keksinnön mukainen akustisen virtuaaliympäristön välittäminen on edullista toteuttaa käyttämällä MPEG-4-standardin määrittelemää strukturoitua audiokieltä (SAOL/SASL; Structured Audio Orchestra Language / Structured Audio

35 Score Language) tai VRML97-kieltä.

Edellä mainituissa kielissä on nykyisellään määritelty Sound-solmu (engl. Sound node), joka kuvaa äänilähdettä. Keksinnön mukaisesti voidaan määritellä tunnetun Sound-solmun laajennus, jota nimitetään tässä patenttihakemuksessa Directive-Sound-solmuksi. Se sisältää tunnetun Sound-solmun lisäksi kentän, jota nimitetään

5 tässä directivity-kentäksi ja jossa ilmaistaan äänen suuntautumista kuvaavien suodattimien rekonstruoimiseksi tarvittavat tiedot. Edellä on esitetty kolme eri vaihtoehtoa suodattimien kuvaamiseksi, joten seuraavassa selostetaan, miten nämä vaihtoehdot näkyvät keksinnön mukaisen DirectiveSound-solmun directivity-kentässä.

- 10 Ensimmäisen vaihtoehdon mukaan kukin tiettyä nolla-atsimuutin suunnasta poikkeavaa suuntaa kuvaava suodatin vastaa pelkkää kertomista vahvistuskertoimella, joka on 0:n ja 1:n väliin normeerattu reaalityyppinen luku. Tällöin directivity-kentän sisältö voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

15 ((0.79 0.8) (1.57 0.6) (2.36 0.4) (3.14 0.2))

- Tässä vaihtoehdossa directivity-kentässä on yhtä monta lukuparia kuin äänilähteen mallissa on nolla-atsimuutin suunnasta eroavia suuntia. Lukuparin ensimmäinen luku ilmoittaa kyseisen suunnan ja nolla-atsimuutin välisen kulman radiaaneina ja toinen luku ilmoittaa vahvistuskertoimen kyseisessä suunnassa.
- 20

Toisen vaihtoehdon mukaan ääni jaetaan kussakin nolla-atsimuutin suunnasta poikkeavassa suunnassa taajuuskaistoiksi, joista kullakin on oma vahvistuskertoimensa. Directivity-kentän sisältö voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

25 ((0.79 125.0 0.8 1000.0 0.6 4000.0 0.4)
(1.57 125.0 0.7 1000.0 0.5 4000.0 0.3)
(2.36 125.0 0.6 1000.0 0.4 4000.0 0.2)
(3.14 125.0 0.5 1000.0 0.3 4000.0 0.1))

- 30 Tässä vaihtoehdossa directivity-kentässä on yhtä monta sisemmällä sulkeilla toisistaan erotettua lukujoukkoa kuin äänilähteen mallissa on nolla-atsimuutin suunnasta eroavia suuntia. Kussakin lukujoukossa ensimmäinen luku ilmoittaa kyseisen suunnan ja nolla-atsimuutin välisen kulman radiaaneina. Ensimmäisen luvun jälkeen seuraa lukupareja, joista ensimmäinen ilmaisee tietyn taajuuden hertseinä ja toinen on vahvistuskerroin. Esimerkiksi lukujoukko (0.79 125.0 0.8 1000.0 0.6 4000.0 0.4) voidaan tulkita siten, että suunnassa 0.79 radiaania taajuuksilla 0 - 125 Hz käytetään vahvistuskerrointa 0.8, taajuuksilla 125 - 1000 Hz käytetään vahvistuskerrointa 0.6
- 35

ja taajuuksilla 1000 - 4000 Hz käytetään vahvistuskerrointa 0.4. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää merkintätapaa, jossa edellä mainittu lukujoukko tarkoittaa, että suunnassa 0.79 radiaania taajuudella 125 Hz vahvistuskerroin on 0.8, taajuudella 1000 Hz vahvistuskerroin on 0.6, taajuudella 4000 Hz vahvistuskerroin on 0.4 ja

5 vahvistuskertoimet muilla taajuuksilla lasketaan näistä inter- ja ekstrapoloimalla. Keksinnön kannalta ei ole oleellista, mitä merkintätapaa käytetään, kunhan käytettävä merkintätapa on sekä lähettävän että vastaanottavan laitteen tiedossa.

Kolmannen vaihtoehdon mukaan kussakin nolla-atsimuutin suunnasta poikkeavassa suunnassa sovelletaan siirtofunktiota, jonka määrittelemiseksi annetaan sen Z-muunnosesityksen a- ja b-kertoimet. Directivity-kentän sisältö voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

10

$$\begin{aligned}
 & ((45 \ b_{45,0} \ b_{45,1} \ a_{45,1} \ b_{45,2} \ a_{45,2} \ \dots) \\
 15 \quad & (90 \ b_{90,0} \ b_{90,1} \ a_{90,1} \ b_{90,2} \ a_{90,2} \ \dots) \\
 & (135 \ b_{135,0} \ b_{135,1} \ a_{135,1} \ b_{135,2} \ a_{135,2} \ \dots) \\
 & (180 \ b_{180,0} \ b_{180,1} \ a_{180,1} \ b_{180,2} \ a_{180,2} \ \dots))
 \end{aligned}$$

Tässä vaihtoehdossa directivity-kentässä on myös yhtä monta sisemmällä sulkeilla toisistaan erotettua lukujoukkoa kuin äänilähteen mallissa on nolla-atsimuutin suunnasta eroavia suuntia. Kussakin lukujoukossa ensimmäinen luku ilmoittaa kyseisen suunnan ja nolla-atsimuutin välisen kulman tällä kertaa asteina; tässä samaten kuin edellä voidaan yhtä hyvin käyttää mitä tahansa muita tunnettuja kulmayksiköitä. Ensimmäisen luvun jälkeen seuraavat a- ja b-kertoimet, jotka määrittävät kyseisessä

20 suunnassa käytettävän siirtofunktion Z-muunnoksen. Pisteet kunkin lukujoukon perässä tarkoittavat, että keksintö ei rajoita sitä, kuinka monella a- ja b-kertoimella siirtofunktioiden Z-muunnokset määritellään. Eri lukujoukoissa voidaan antaa eri määrä a- ja b-kertoimia. Kolmannessa vaihtoehdossa a- ja b-kertoimet voitaisiin antaa myös omina vektoreinaan, jotta FIR- tai all-pole-IIR-suodattimien tehokas kuvaaminen olisi mahdollista samalla tavalla kuin julkaisussa Ellis, S. 1998: "Towards more realistic sound in VRML". *Proc. VRML '98*, Monterey, USA, Feb. 16–19, 1998, pp. 95-100.

25

30

Edellä esitetyt keksinnön suoritusmuodot on luonnollisesti tarkoitettu vain esimerkinoisiksi eikä niillä ole keksintöä rajoittavaa vaikutusta. Erityisesti se tapa, jolla suodattimia kuvaavat parametrit järjestetään DirectiveSound-solmun directivity-kenttään, voidaan valita hyvin monella tavalla.

35

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä akustisen virtuaaliympäristön käsittelemiseksi elektronisessa laitteessa, joka akustinen virtuaaliympäristö käsittää ainakin yhden äänilähteen (300),
 5 **tunnettu** siitä, että äänen suuntautumisen kuvaamiseksi äänilähteeseen liitetään suuntariippuva suodatusjärjestely (306, 307, 308, 309), jonka vaikutus ääneen riippuu ennalta määrätyistä parametreista.
 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että äänilähteelle
 10 määritetään tietty referenssisuunta (301) ja joukko siitä poikkeavia suuntia (302, 303, 304, 305), jolloin kuhunkin määritettyyn referenssisuunnasta poikkeavaan suuntaan liitetään suodatin (306, 307, 308, 309), jonka vaikutus ääneen riippuu suodatinkohtaisista parametreista.
 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut suodatinkohtaiset parametrit ovat vahvistuskertoimia äänilähteestä eri suuntiin suuntautuvan äänen suhteellisen vahvistuksen määrittämiseksi.
 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut vahvistuskertoimet käsittävät ainakin yhdessä määritetyssä referenssisuunnasta poikkeavassa suunnassa erillisiä vahvistuskertoimia äänen eri taajuuksia varten.
 5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut suodatinkohtaiset parametrit ovat suodattimien siirtofunktion Z-muunnoksen osamääräesityksen
 25
- $$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}}$$
- kertoimia $[b_0 \ b_1 \ a_1 \ b_2 \ a_2 \dots]$.
6. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että äänen suuntautumisen kuvaamiseksi muissa suunnissa kuin referenssisuunnassa ja määritetyissä referenssisuunnasta poikkeavissa suunnissa se käsittää interpoloinnin (400) määritettyihin referenssisuunnista poikkeaviin suuntiin liitettyjen suodattimien välillä.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheet, joissa

- lähettävä laite muodostaa tietyn akustisen virtuaaliympäristön (500), jonka käsittämien äänilähteiden (501, 502, 503, 504) äänen suuntautumista kuvataan suodatimilla, joiden vaikutus ääneen riippuu suodatinkohtaisista parametreista,
- 5 - lähettävä laite välittää vastaanottavalle laitteelle tiedot mainituista suodatinkohtaisista parametreista, ja
- rekonstruoidakseen akustisen virtuaaliympäristön vastaanottava laite muodostaa suodatinpankin, joka käsittää suodattimia, joiden vaikutus akustiseen signaaliin riippuu suodatinkohtaisista parametreista, ja muodostaa suodatinkohtaiset parametrit
- 10 lähettävän laitteen välittämien tietojen perusteella.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että lähettävä laite välittää vastaanottavalle laitteelle tiedot mainituista suodatinkohtaisista parametreista osana MPEG-4-standardin mukaista tietovirtaa.

15

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu äänilähde on varsinainen äänilähde (501, 502, 503).

20 10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu äänilähde on heijastus (504).

11. Järjestelmä akustisen virtuaaliympäristön käsittelemiseksi, joka virtuaaliympäristö käsittää ainakin yhden äänilähteen, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet parametrisoiduista suodattimista koostuvan suodatinpankin (619) muodostamiseksi

25 akustisen virtuaaliympäristön käsittämien äänilähteiden äänen suuntautumisen mallintamista varten.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää lähettävän laitteen (601) ja vastaanottavan laitteen (602) ja välineet sähköisen tiedonsiirron toteuttamiseksi lähettävän laitteen ja vastaanottavan laitteen välillä.

30

13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää lähettävässä laitteessa multipleksointivälineet (611) parametrisoitujen suodattimien ominaisuuksia kuvaavien parametrien liittämiseksi MPEG-4-standardin mukaiseen tietovirtaan ja vastaanottavassa laitteessa demultipleksointivälineet (612) parametrisoitujen suodattimien ominaisuuksia kuvaavien parametrien ottamiseksi selville

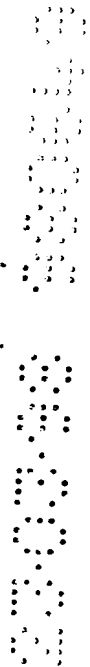
35 MPEG-4-standardin mukaisesta tietovirrasta.

14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää lähettävässä laitteessa multipleksointivälineet (611) parametrisoitujen suodattimien ominaisuuksia kuvaavien parametrien liittämiseksi VRML-97-standardin laajennuksen mukaiseen tietovirtaan ja vastaanottavassa laitteessa demultipleksointivälineet (612) parametrisoitujen suodattimien ominaisuuksia kuvaavien parametrien ottamiseksi selville VRML-97-standardin laajennuksen mukaisesta tietovirrasta.

(57) Tiivistelmä

Akustista virtuaaliympäristöä käsitellään elektronisessa laitteessa. Akustinen virtuaaliympäristö käsittää ainakin yhden äänilähteen (300). Äänen suuntautumisen kuvaamiseksi äänilähteeseen liitetään suuntariippuva suodatusjärjestely (306, 307, 308, 309), jonka vaikutus ääneen riippuu ennalta määrätyistä parametreista. Suuntautuminen voi riippua äänen taajuudesta.

Kuva 3



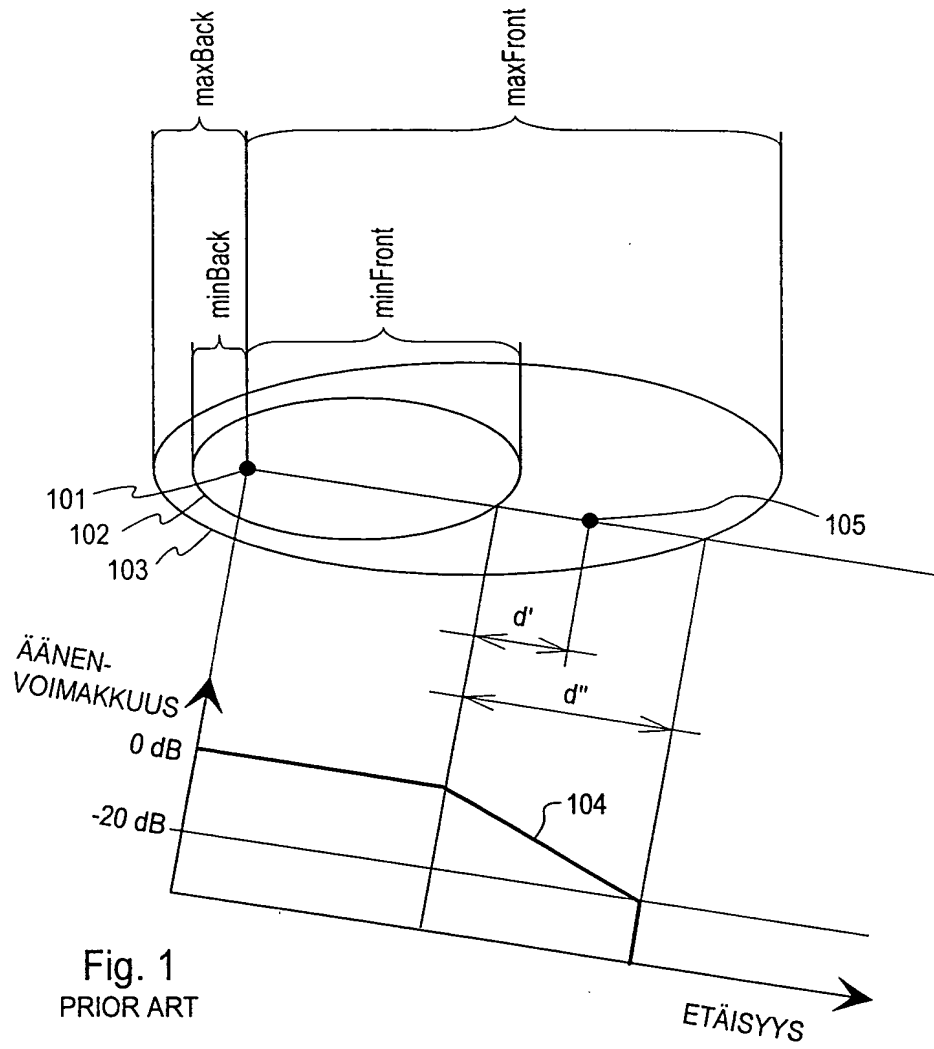


Fig. 1
PRIOR ART

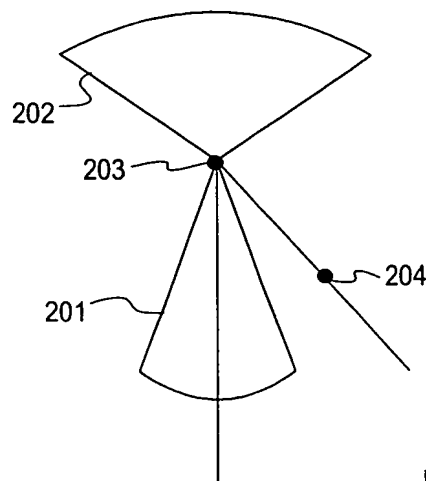


Fig. 2
PRIOR ART

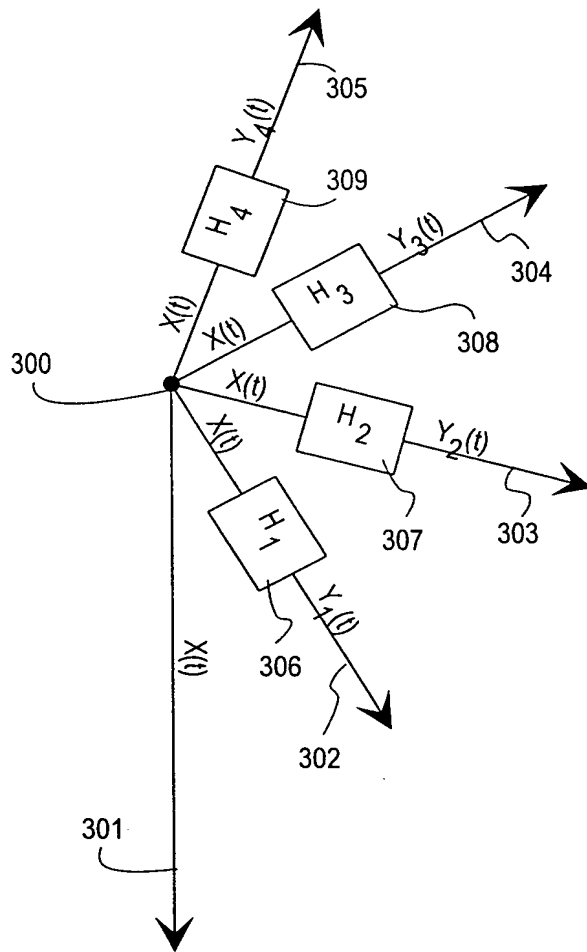


Fig. 3

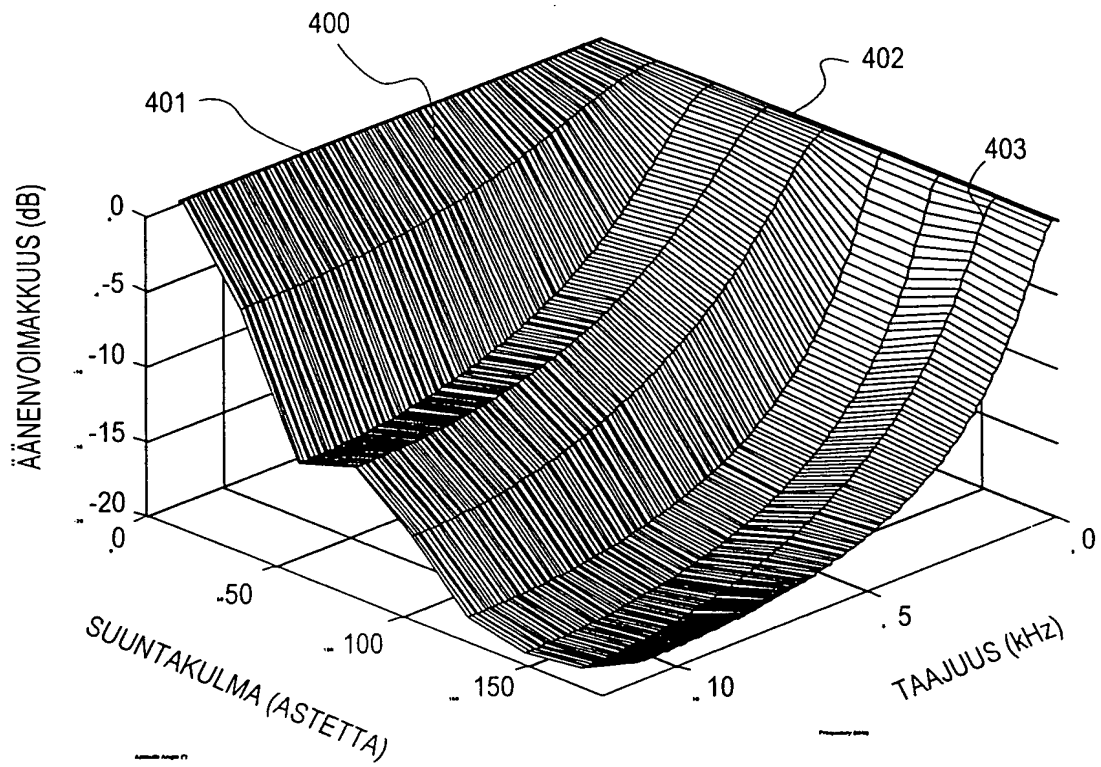


Fig. 4

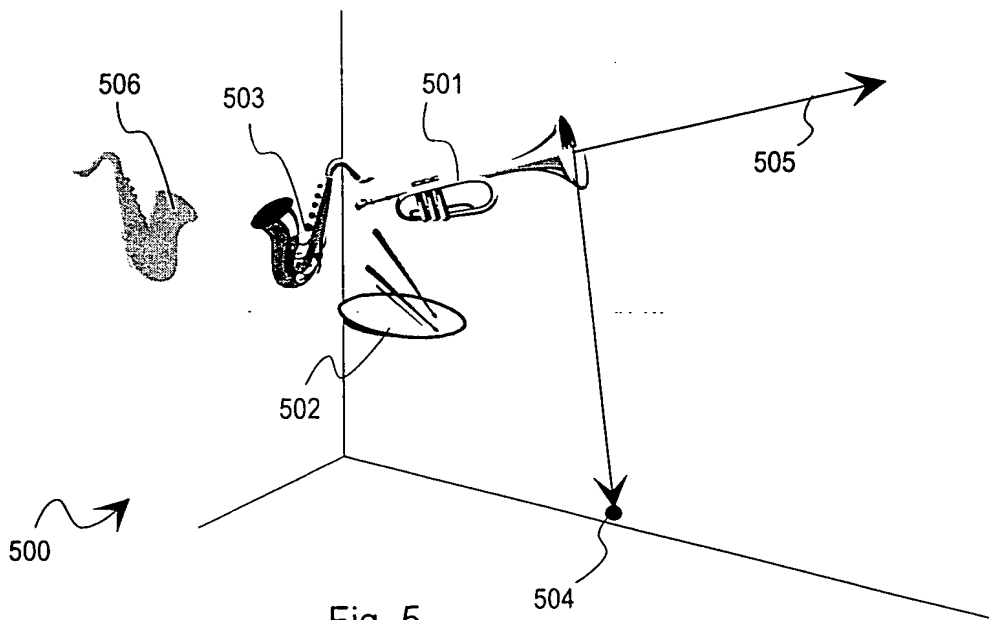


Fig. 5

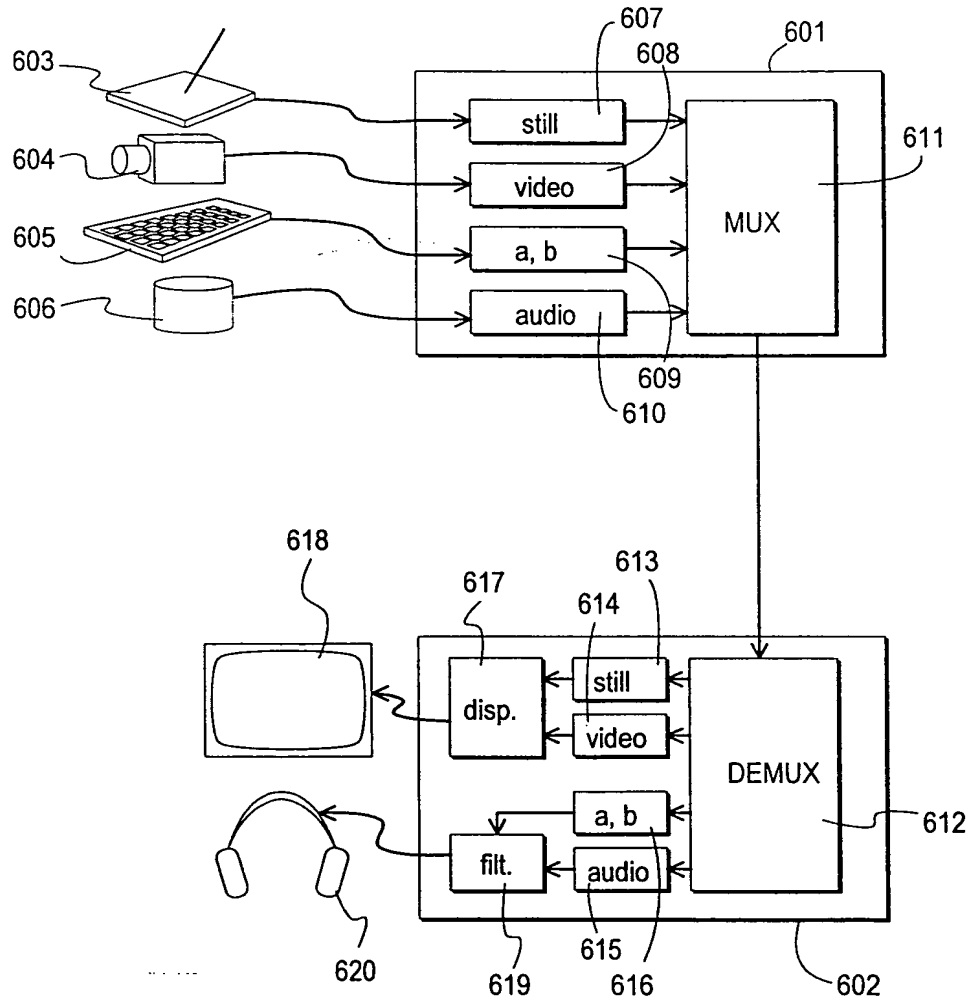


Fig. 6

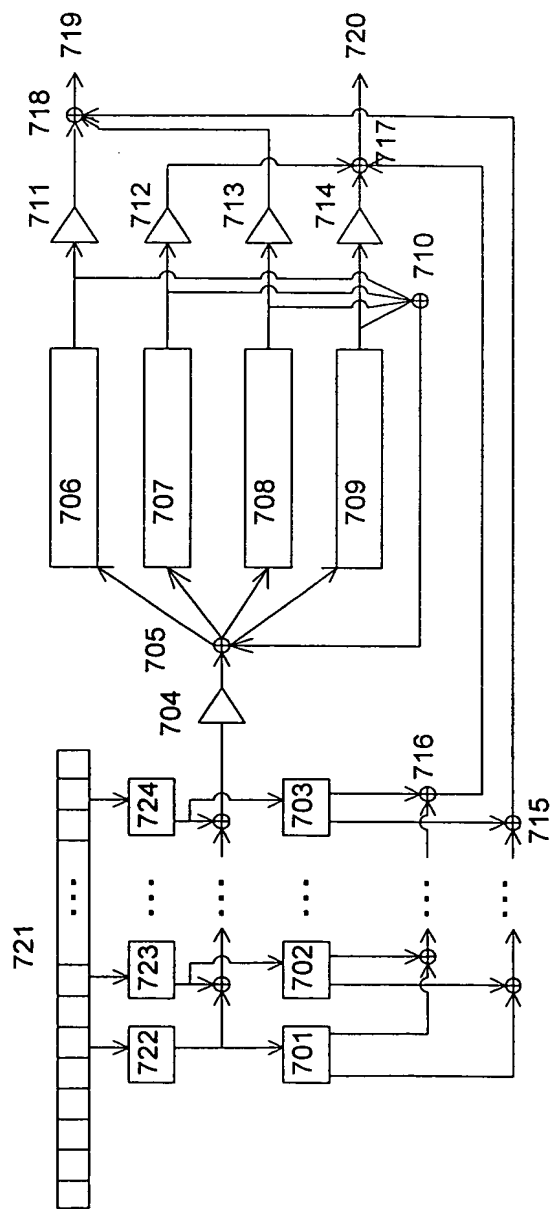


Fig. 7a

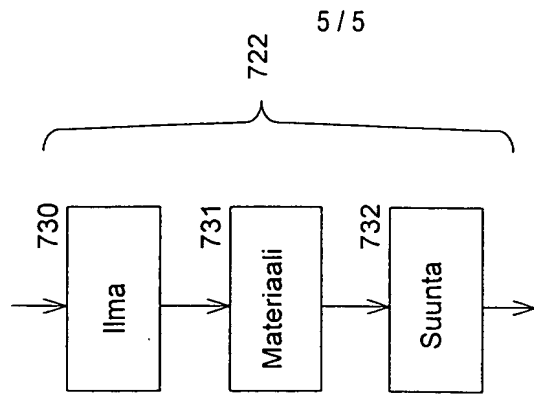


Fig. 7b